

SEMICONDUCTOR LASER

Patent number: JP11220224
 Publication date: 1999-08-10
 Inventor: FUKUNAGA TOSHIAKI; WADA MITSUGI
 Applicant: FUJI PHOTO FILM CO LTD
 Classification:
 - international: H01S3/18
 - european:
 Application number: JP19980317644 19981109
 Priority number(s):

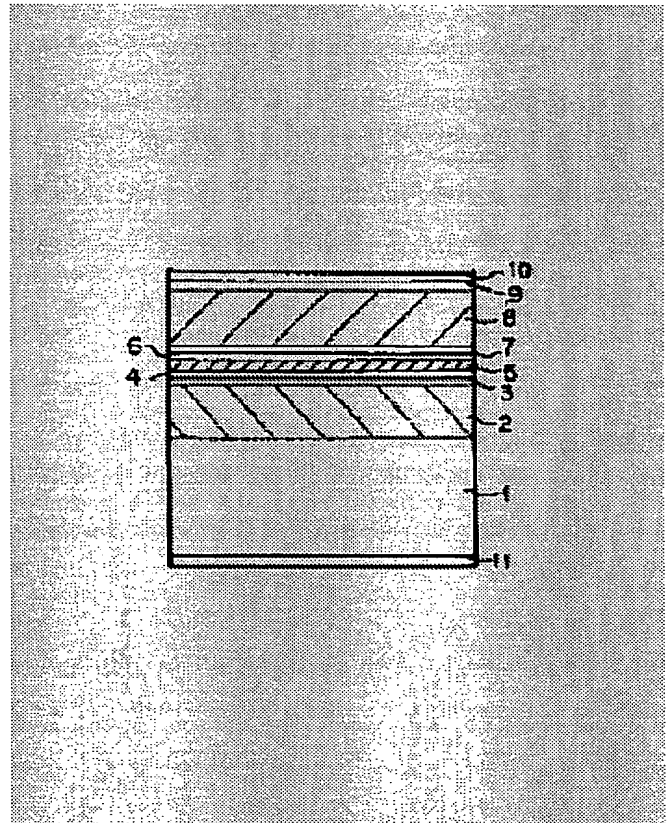
Also published as:

EP0920096 (A2)
 US6127691 (A1)
 EP0920096 (A3)
 EP0920096 (B1)

Abstract of JP11220224

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve reliability of a semiconductor laser of a wavelength of a 0.8- μ m band in high-output oscillation.

SOLUTION: An n-type Ga_{1-z}1 Al_z1 As clad layer 2, an n-type In_x1 Ga_{1-x}1 As_{1-y}1 Py₁ optical waveguide layer 3, an i-type In_x2 Ga_{1-x}2 As_{1-y}2 Py₂ tensile strain barrier layer 4, an In_x3 Ga_{1-x}3 As_{1-y}3 Py₃ quantum well active layer 5, an i-type In_x2 Ga_{1-x}2 As_{1-y}2 Py₂ tensile strain barrier layer 6, a p-type In_x1 Ga_{1-x}1 As_{1-y}1 Py₁ optical waveguide layer 7, a p-type Ga_{1-z}1 Al_z1 As clad layer 8 and a p-type GaAs contact layer 9 are successively formed on an n-type GaAs substrate 1. The layers 2 and 8 and the layers 3 and 7 are respectively formed in a compositional ratio which makes a lattice matching with the substrate 1, the total layer thickness of the layers 4 and 6 is formed into a thickness of 10 to 30 nm, and the compositions of the layers 4 and 6 are set on the conditions that the amount of strain of the tensile strains for the layers 4 and 6 be the amount of strain multiplied by the total layer thickness is equal to 0.05 to 0.2 nm.



THIS PAGE BLANK (USP 10)

(19)日本特許庁(JP) (12)公開特許公報(A) (11)特許公開番号
特開平11-220224

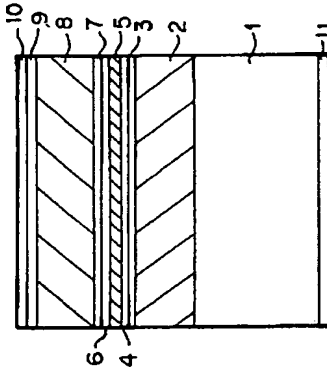
(43)公開日 平成11年(1999)8月10日

(51)IntCl. ⁴ H01S 3/18	識別記号 677	FI H01S 3/18	677
審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全16頁)			

(21)出願番号 特願平10-317844	(71)出願人 000005201 富士写真フイルム株式会社 神奈川県横浜市中区210番地
(22)出願日 平成10年(1998)11月9日	(72)発明者 福永 敏明 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
(31)優先権主張番号 特願平9-323176	(72)発明者 和田 賢 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
(32)優先日 平9(1997)11月25日	(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (ウ1名)
(33)優先権主張国 日本(JP)	

(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57)【要約】
【課題】 0.8μm帯の半導体レーザにおいて、高出力発振下における信頼性を向上させる。
【解決手段】 n-GaAs基板1上に、n-Ga_{1-x}Al_xAsクラッド層2、n-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y光導波層3、i-In_x2Ga_{1-x}As_{1-y}P_y層4、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y層5、i-In_x2Ga_{1-x}As_{1-y}P_y層6、p-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y層7、p-Ga_{1-x}Al_xAsクラッド層8、p-GaAsコンタクト層9を順次形成する。そして各クラッド層2、8および各光導波層3、7はそれぞれGaAs基板1に格子整合する組成比とし、引張り歪バリ層4、6の合計厚は10~30nmとし、また引張り歪バリ層4、6の組成は、引張り歪の歪量、歪量×合計厚=0.05~0.2nmとなるものとする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs基板の上に、pおよびn型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y層、第一バリ層、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y層、第二バリ層、第二光導波層、p型およびn型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、

前記第一および第二クラッド層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二光導波層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二バリ層が、前記GaAs基板に対して引張り歪を有する、合計厚10~30nmの層であって、その引張り歪の歪量×合計厚=0.05~0.2nmを満たす組成からなり、

前記In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y層、量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 GaAs基板の上に、p型およびn型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y層、第二光導波層、p型およびn型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、前記第一および第二クラッド層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二光導波層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二バリ層が、前記GaAs基板に対して引張り歪を有する、合計厚10~30nmの層であって、その引張り歪の歪量×合計厚=0.05~0.2nmを満たす組成からなり、

前記In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y層、量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体レーザ装置に関し、詳しくは半導体レーザ装置を構成する半導体層の組成に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、0.7~0.85μm帯の半導体レーザとしては、n-GaAs基板に、n-AlGaAsクラッド層、nまたはi-AlGaAs光導波層、i-AlGaAs活性層、pまたはi-AlGaAs光導波層、p-AlGaAsクラッド層、p-GaAsキャップ層を積層してなる半導体レーザが一般的である。しかし、この構造では活性層にAlを含み、Alは化学的に活性で酸化さ

(2)

2

れやすいため、露出して形成した半導体端面が劣化しやすく、高信頼性という点で不利である。

【0003】 そこで、オールAlフリーとなる875nm帯の半導体レーザとして、IEEE Photonics technology Letters, Vol. 6, No. 4 (1994) p. 465 に示されるようにn-GaAs基板の上に、n-InGaP クラッド層、アンドロップInGaAsP 光導波層、GaAs量子井戸活性層、アンドロップInGaAsP 光導波層、p-InGaP クラッド層、p-GaAsキャップ層からなる半導体レーザが提案されている。しかし、このAlフリーの半導体レーザは量子特性の温度依存性が大きく、最高の光出力は4.2 Wと高いが、光出力1 W以上で流れ電流の発生により発光効率が悪くなるという欠点を有しており、0.8 μm近傍の短波長帯では高出力半導体レーザとしては実用上耐えないものである。

【0004】 一方、活性層がAlフリーとなる0.8 μm帯の半導体レーザとして、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34 (1995) pp. L1175-1177に示されているようなn-GaAs基板にn-AlGaAsクラッド層、i-InGaP 光導波層、InGaAsP 量子井戸活性層、i-InGaP 光導波層、p-AlGaAsクラッド層、p-GaAsキャップ層からなる半導体レーザが報告されている。しかし、この半導体レーザは、キャリアのオーバーフローにより量子特性の温度特性が大きいという欠点を持つており、高出力発振時の駆動電流が増大し、発熱に伴う量子温度上昇による信頼性の劣化が生じる。

【0005】 また、IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 3, No. 2 (1997) p. 180 に、活性層として、基板に対して圧縮歪を有する組成比のGaInP半導体を用い、該活性層の圧縮歪をキャドセルの以上の引張り歪を有するAlGaInP 層をサイドバリ層として備えて、レーザ素子の射出端面近傍で結晶構造緩和を生ぜしめ、端面におけるバンドギャップを大きくすることにより、レーザ発振時の光の吸収を小さくして端面での光吸収による素子の劣化を低減し、信頼性を向上した半導体レーザが提案されている。しかしながら、InGaAsP 系の活性層により800nm 帯の半導体レーザを構成しようとする場合、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 21 (1982) p. L323 に示すようにInGaAsP 系の組成比とバンドギャップとの関係において相分層を起こす組成領域が、圧縮歪を有する組成比と重なるために、InGaAsP 系の半導体層により大きな圧縮歪を有する活性層を形成することが困難であり、上記文献に示されるような信頼性の高い半導体レーザを800nm 系半導体レーザにおいて実現することは困難である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、耐久性があり、かつ、高出力発振下においても信頼性の高い0.8 μm帯の半導体レーザを提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明による1つの半導体レーザ装置は、

【0008】

【発明の効果】 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、耐久性があり、かつ、高出力発振下においても信頼性の高い0.8 μm帯の半導体レーザを提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明による1つの半導

60

3
体レーザー装置は、GaAs基板1上に、P型およびn型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-x₂}y₂第二バリア層、In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y₃}y₃量子井戸活性層、In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y₂}y₂第二バリア層、第二光導波層、P型およびn型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザー装置であって、前記第一および第二クラッド層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、前記第一および第二光導波層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、前記第一および第二バリア層が、前記In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y₃}y₃量子井戸活性層を有する組成からなり、前記In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y₂}y₂量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とするものである。

【0008】本発明による別の半導体レーザー装置は、第一および第二バリア層がIn_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y₂}y₂系組成からなり、その他の構成は上記第1の半導体レーザー装置と同様とされたものである。

【0009】ここで、前記合計層厚とは、前記第一および第二バリア層の層厚を合計したものをいう。

【0010】また第一および第二バリア層の前記GaAs基板に対する引張り歪の歪量とは、該歪量をΔ₁とし、GaAs基板の格子定数をa_{GaAs}とし、バリア層の格子定数をa₁とした場合Δ₁=(a_{GaAs}-a₁)/a_{GaAs}で表されるものである。

【0011】同様に、前記量子井戸活性層の前記GaAs基板に対する引張り歪の歪量とは、該歪量をΔ₂とし、活性層の格子定数をa₂とした場合Δ₂=(a_{GaAs}-a₂)/a_{GaAs}で表されるものである。一般に、格子整合するとは歪量Δ₂が-0.0025≤Δ₂≤0.0025であることとをいい、「前記InGaAsP量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003までの引張り歪を有する組成」とは、-0.0025≤Δ₂≤0.003を満たす組成をいう。

【0012】

【発明の効果】本発明の半導体レーザーは、活性層がAlを含むような組成で構成されているため、活性層にAlを含む従来の0.8μm帯半導体レーザーと比較して耐久性の面で信頼性が高い。また、InGaAsPあるいはInGaP引張り歪バリア層を設けたことで活性層近傍での格子緩和が生じ、この格子緩和によりバンドギャップを大きくすることができ、素子の光出射端面における光の吸収を低減することができ、また、InGaAsPあるいはInGaP引張り歪バリア層により活性層とバリア層との障壁高さを大きくすることにより、活性層から光導波層への電子および正孔の漏れを低減することができる。これにより、駆動電流を低減することができ、素子端面における発熱を低

減することができ、高出力発振時における素子の信頼性を向上させることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0014】図1は、本発明の第1の実施形態に係る半導体レーザーの断面図である。この半導体レーザーの構成を、作製方法と併せて説明する。

【0015】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板1上に、n-Ga_{1-x₂}Al_{2x₂}As_{1-y₂}y₂光導波層3、i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y₂}y₂引張り歪バリア層4、In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y₃}y₃量子井戸活性層5、i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y₂}y₂引張り歪バリア層6、pまたはi-In_{0.1}Ga_{0.9}x₁As_{1-y₁}y₁光導波層7、p-Ga_{1-x₁}Al_{2x₁}As_{1-y₁}y₁光導波層8、p-GaAsコンタクト層9を形成する。その後、コンタクト層9および基板1のそれぞれにp側電極10およびn側電極11を形成して完成する。なお、各クラッド層2、8および各光導波層3、7はそれぞれGaAs基板1に格子整合する組成比とするが、上記組成の他InGaAlAsP系の半導体層を用いてもよい。

【0016】また、本実施形態においては、量子井戸活性層5は基板1に格子整合する組成とし、また、引張り歪バリア層4は基板1に対する歪量が0.007となる組成としてその層厚を5nmとした。なお、量子井戸活性層5はGaAs基板に対して歪量0.003までの引張り歪を有する組成であつてもよく、さらに、多重量子井戸構造であつてもよいが、活性層の引張り歪量と活性層の合計の厚み(合計層厚)との積は、0.1nm以内とする。また、引張り歪バリア層4は、その合計層厚が10～30nmの範囲の所定の厚さで、歪量×合計層厚=0.05～0.2nmとなる組成であつてもよい。

【0017】上記半導体レーザーと、該半導体レーザーと同様にして形成された引張り歪バリア層を有しない50μm幅のストライプを有する半導体レーザー素子とについて評価を行った結果を図2および図3に示す。図2は、引張り歪バリア層を有する本発明の半導体レーザー素子(実線)と引張り歪バリア層を有しない素子(点線)の最高光出力の比較を示したものであり、図3は本発明の半導体レーザー素子(O)と引張り歪バリア層を有しない素子(X)の閾値電流I_{th}の温度依存性を示したものである。図2および図3から、引張り歪バリア層を有する本発明の半導体レーザーは、引張り歪を有しない素子に較べて、最高光出力は約0.3W大である(図2参照)、閾値電流の温度依存性は小さい(図3参照)という結果が得られた。

【0018】一般に、閾値電流I_{th}の温度依存性はI_{th}(T)=I₀exp(T/T₀)で表される。ここで、T₀は特性温度であり、この特性温度が高いほど素子の閾値電流の温度依存性は小さく、高出力発振時において安定性が向上した素子であるといえる。引張り歪バリア層を有す

る素子においては、20℃から50℃の範囲ではT₀=223Kであり、引張り歪バリア層を有しない素子より30K程度特性温度が上昇した。また、50℃から80℃の高温領域において本発明のレーザー素子の特性温度は25Kであり、バリア層を有しない素子より15K程度特性温度が上昇した。

【0019】本半導体レーザーは、活性層4にAlを含んだため耐久性が高く、また、上述のように活性層の上下層に引張り歪バリア層4、6を備えたことによる活性層近傍の格子緩和によりバンドギャップを大きくすることができ、結果として出射端面における光の吸収を低減することができ、また、該引張り歪バリア層により活性層とバリア層との障壁高さを大きくすることにより、活性層から光導波層への電子および正孔の漏れを低減することができ、素子端面における発熱を低減することができるので高出力発振下においても信頼性の高い0.8μm帯の半導体レーザーを実現することができる。

【0020】また、上記実施の形態では、GaAs基板はn型の導電性のもを用いているが、P型の導電性の基板を用い、P型半導体層から成長させて半導体レーザーを構成してもよい。

【0021】なお、上記実施の形態においては、単純な全面電極形成型の半導体レーザーについて説明したが、コンタクト層上にストライプ状の電流注入窓を有する絶縁膜を形成した利得導波型ストライプレーザーとしてもよい。さらに、上記本実施形態の半導体レーザーの半導体層構成を、通常のフエトリソグラフィやドライエッチングを用いて作製される、屈折率導波機構付き半導体レーザー、回折格子付きの半導体レーザー、もしくは、光集積回路等に適用することもできる。

【0022】次に本発明の第2の実施形態に係る半導体レーザーの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図4に示す。以下、この半導体レーザーの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0023】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板21上に、n-Ga_{1-x₂}Al_{2x₂}As_{1-y₂}y₂光導波層22、nまたはi-In_{0.1}Ga_{0.9}x₁As_{1-y₁}y₁光導波層23、i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y₂}y₂引張り歪バリア層24、In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y₃}y₃量子井戸活性層25、i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y₂}y₂引張り歪バリア層26、pまたはi-In_{0.1}Ga_{0.9}x₁As_{1-y₁}y₁光導波層27、p-Ga_{1-x₁}Al_{2x₁}As_{1-y₁}y₁光導波層28、p-In_{0.4}Ga_{0.6}x₄As_{1-y₄}y₄エッチング止層29(厚み10nm程度)、p-Ga_{1-x₁}Al_{2x₁}As_{1-y₁}y₁上部第一クラッド層30、p-GaAsコンタクト層31を順次積層し、さらにこのコンタクト層31上にSiO₂等の絶縁膜32を形成する(図4(a))。

【0024】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜32の、幅3μm程度のストライプ状部分32aを残して、その両サイドの幅6μm程度のストライプ状部分32bを除去し(図4(b))、この残されたストライプ状

の絶縁膜32aをマスクとしてリソグラフィによりコンタクト層31からエッチング阻止層29上面までのエピソード層を除去してリッジストライプを形成する(図4(c))。このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水を用いると、エッチングがエッチング阻止層29で自動的に停止する。上部第一クラッド層28の厚みは、上述のようにして形成されたリッジストライプ導波路において単一基本モードによる屈折率導波が高出力まで達成できるような厚みとする。次に絶縁膜32aを除去してから、リッジ部および露出したエッチング阻止層29の全面に絶縁膜33を形成する(図4(d))。次に、通常のリソグラフィにより、リッジストライプ部上面の絶縁膜33を除去し(図4(e))、露出されたコンタクト層31を覆うようにしてp側電極34を形成し、その後、基板21の裏面を行い、n側電極35を形成する(図4(f))。

【0025】その後、材料を劈開して形成した共振器面の一面に高反射率コート、低反射率コートを行い、その後、チップ化して半導体レーザー素子を形成する。上記構造により、単一モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8μm帯のレーザー光を発生させることができる。

【0026】本発明の第3の実施形態に係る半導体レーザーの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図5に示す。以下、この半導体レーザーの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0027】有機金属気相成長法により、n-GaAs基板41上に、n-Ga_{1-x₂}Al_{2x₂}As_{1-y₂}y₂光導波層42、nまたはi-In_{0.1}Ga_{0.9}x₁As_{1-y₁}y₁光導波層43、i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y₂}y₂引張り歪バリア層44、In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y₃}y₃量子井戸活性層45、i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y₂}y₂引張り歪バリア層46、pまたはi-In_{0.1}Ga_{0.9}x₁As_{1-y₁}y₁光導波層47、p-In_{0.4}Ga_{0.6}x₄As_{1-y₄}y₄エッチング止層48、p-In_{0.5}Ga_{0.5}x₅As_{1-y₅}y₅上部第二クラッド層49、p-GaAsコンタクト層50を順次積層し、このコンタクト層50上にSiO₂等の絶縁膜52を形成する(図5(a))。

【0028】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜51の幅3μm程度のストライプ状部分52aを残して、その両サイドの幅6μm程度のストライプ状部分52bを除去し(図5(b))、この残されたストライプ状の絶縁膜52aをマスクとしてリソグラフィによりコンタクト層50から上部第一クラッド層48上面までのエピソード層を除去してリッジストライプを形成する(図5(c))。エッチング液として、コンタクト層50を除去するために硫酸と過酸化水素水を用い、上部第二クラッド層49を除去するために塩酸系を用いると、エピソードが上部第一クラッド層48で自動的に停止する。上部第一クラッド層48の厚みは、上述のようにして形成されたリッジストライプ幅の導波路において単一基本モードによる屈折率導波が高出力まで達成できるような厚

(5)

7

みとする。次に絶縁膜52aを除去してから、リッジ部および露出している上部第一クラッド層48の全面に絶縁膜53を形成する(図面(d))。次いで、通常のリソグラフィにより、絶縁膜53のリッジストライプ部上面に形成された部分を除去してp側電極54を形成し、その後、基板41の研削を行いn側電極55を形成する(図面(f))。

【0029】その後、試料を劈開して形成した共振器面の一側に高反射率コート、他面に低反射率コートを行い、チップ化して半導体レーザ素子を形成する。上記構造により、単一モードを保つことができる。

【0030】次にまた、上記と同様のエッチング停止機構を用いて、3回の成膜工程を繰り返す行うことにより埋め込み構造の屈折率導波レーザを作成することも可能である。

【0031】次に、本発明の第4の実施形態について説明する。図6は、本発明の第4の実施形態に係る半導体レーザの断面図である。この半導体レーザの構成を、作製方法と併せて説明する。

【0032】有機金属気相成長法によりp-GaAs基板101上に、n-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層102、nまたはi-In_x1-Ga_{1-x}As_{1-y}Py₁光導波層103、i-In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2Py₂引張り至バリ層104、In_x3Ga_{1-x}3As_{1-y}3Py₃量子井戸活性層105、i-In_x4Ga_{1-x}4As_{1-y}4Py₄引張り至バリ層106、pまたはi-In_x1-Ga_{1-x}1As_{1-y}1Py₁光導波層107、p-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層108、p-GaAsコンタクト層109を形成する。次いでコンタクト層109の上にp側電極110を形成し、その後基板101を研削してからn側電極111を形成する。

【0033】次に、試料を図の紙面に垂直な面で劈開して形成した2つの共振器面の一側に高反射率コート、他方に低反射率コートを施して、本実施形態の半導体レーザが完成する。

【0034】本実施形態においても、量子井戸活性層105はGaAs基板101に格子整合を有する組成、あるいは、この基板101に対して至重0.003までの引張り歪を有する組成とする。さらに量子井戸活性層105は多量量子井戸構造であって、活性層の引張り歪と活性層の合計の厚み(合計層厚)との間は、0.1nm以下とする。

【0035】また、引張り至バリ層106は、その合計層厚が10~30nmの範囲の所定の厚さで、重量×合計層厚=0.05~0.2nmとなる組成とする。引張り至バリ層106は、3元のIn_x2Ga_{1-x}2Py₂引張り至バリ層であつてもよい。

【0036】本実施形態においても、上述の通りの構成を採用していることにより、既に説明した実施形態におけるのと同様の効果が得られる。

【0037】なおこの場合も、単純な全面電極形成型の

(6)

9

一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0045】上記構造により、単一モードを保つことができる。高いレベルの光出力の0.8μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【0046】以上は狭ストライプの単一モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライプマルチモードにも適用できる。その場合、光導波層の厚みは50~400nmの間に設定すればよい。また引張り至バリ層は、4元のIn_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2Py₂から形成してもよい。

【0047】次に、本発明の第6の実施形態に係る半導体レーザの断面図を、その作製工程途中の状態と共に図8に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0048】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板141上に、n-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層142、nまたはi-In_x1-Ga_{1-x}1As_{1-y}1Py₁光導波層143、i-In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2Py₂引張り至バリ層144、In_x3Ga_{1-x}3As_{1-y}3Py₃量子井戸活性層145、i-In_x4Ga_{1-x}4As_{1-y}4Py₄引張り至バリ層146、pまたはi-In_x1-Ga_{1-x}1As_{1-y}1Py₁光導波層147、p-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層148、p-GaAsキャップ層149を順次積層し、さらにこのキャップ層149上にSiO₂等の絶縁膜150を形成する(図8(a))。

【0049】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜150の中央部に幅3μm程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅6μm程度のストライプ状の絶縁膜150を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜150をマスクとしてウェットエッチングにより、pまたはi-In_x1-Ga_{1-x}1As_{1-y}1Py₁光導波層147の上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0050】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsキャップ層149をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層148を除去すれば、エッチングがpまたはi-In_x1-Ga_{1-x}1As_{1-y}1Py₁光導波層147の上面で自動的に停止する。

【0051】その後、選択成長により、クラッド層148より屈折率の小さい、厚みが1μm程度の、基板141に格子整合するn-In_{0.48}(Al_{1/2}Ga_{1/2}-z₁)0.52P電流阻止層151を形成する(図面(b))。

【0052】なおn-In_{0.48}(Al_{1/2}Ga_{1/2}-z₁)0.52P電流阻止層151の組成と、pまたはi-In_x1-Ga_{1-x}1As_{1-y}1Py₁光導波層127の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるように組成、厚みとする。

【0053】次に絶縁膜150を除去して、p-GaAsコンタクト層152を形成し、さらにこのp-GaAsコンタクト層152の上にp側電極153を形成し、その後、基板141の研削を

10

行なってからn側電極154を形成する(図面(c))。【0054】次に、試料を劈開して形成した共振器面の一側、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0055】上記構造によりこの場合も、単一モードを保つことができる。高いレベルの光出力の0.8μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【0056】以上は狭ストライプの単一モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライプマルチモードにも適用できる。その場合、光導波層の厚みは50~400nmの間に設定すればよい。また引張り至バリ層は、3元のIn_x2Ga_{1-x}2Py₂から形成してもよい。

【0057】次に、本発明の第7の実施形態に係る半導体レーザの断面図を、その作製工程途中の状態と共に図9に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0058】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板161上に、n-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層162、nまたはi-In_x1-Ga_{1-x}1As_{1-y}1Py₁光導波層163、i-In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2Py₂引張り至バリ層164、In_x3Ga_{1-x}3As_{1-y}3Py₃量子井戸活性層165、i-In_x4Ga_{1-x}4As_{1-y}4Py₄引張り至バリ層166、pまたはi-In_x1-Ga_{1-x}1As_{1-y}1Py₁光導波層167、p-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層168、p-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層169、p-GaAsコンタクト層170、p-GaAsコンタクト層171を順次積層し、さらにこのp-GaAsコンタクト層171の上にSiO₂等の絶縁膜172を形成する(図9(a))。なおp-In_x4Ga_{1-x}4As_{1-y}4Py₄エッチング阻止層169は、基板161に格子整合し、かつ量子井戸活性層165よりもバインドギャップが大きい組成とする。

【0059】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜172の中央部に幅3μm程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅6μm程度のストライプ状の絶縁膜172を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜172をマスクとしてウェットエッチングにより、p-In_x1-Ga_{1-x}1As_{1-y}1Py₁エッチング阻止層169の上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する。

【0060】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層171をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層170を除去すれば、エッチングがp-In_x1-Ga_{1-x}1As_{1-y}1Py₁エッチング阻止層169の上面で自動的に停止する。

【0061】なお、pまたはi-In_x1-Ga_{1-x}1As_{1-y}1Py₁光導波層167およびp-In_{0.48}Ga_{0.52}P上部第一クラッド層168の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるように厚みとする。

【0062】次に絶縁膜17を除去してから絶縁膜173を形成し(同図(b))、その後通常のリソグラフィによりリジストライア上上の絶縁膜173を除去して、その上にp側電極174を形成し、その後、基板16の所層を行なつてからn側電極175を形成する(同図(c))。

100631 氏に、試料を劈開して形成した共役器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チャップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0064】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm 帯のレーザ光を発生させることができる。

【0066】以上は鉄ストライアの単一積層構造について述べたが、上記構造は幅広ストライアルチモーンにも適用できる。その場合、光導波層と上部第ニクラップ層の合計の厚みは100~400 nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリヤ層は、3元の $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{P}$ から形成してもよい。

【0066】図10は、本発明の第8の実施形態に係る半導体シーザの断面図である。この半導体シーザの構成を、作製方法と併せて説明する。

【0067】有機金属相成長法によりn-GaAs基板上に、 π -Inq₄₈(Al₂Gae₁₋₂)_{0.52P}ラッパ層202、n主
 とは-In₁Gae_{1-x}Al_xI-yPy₁光導波層203、-In₂Gae<sub>1-
 -x2As_{1-y2}P_{y2}引張り歪バリ層204、In₃Gae_{1-x3As₁₋}
 -y3Py₃量子井活性層205、-In₂Gae_{1-x2S_{1-y2}P_{y2}}</sub>

[illegible]

(0069) 上記構造によりこの場合も、単一横モード保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm 帯のレーザー光を発生させることができる。

0070) なおこの場合も、単純な全面電極形成型の導体レーザについて説明したが、上記の構成に絶縁膜トリアイザを形成して利得増強型トリアイザレーザともよい。さらに、本発明は通常の半導体レーザの半導体構成を、通常のフオトリグラフィやドライエッチングを用いて作製される、屈折率増強機構付き半導体レーザ、回折格子付きの半導体レーザ、もしくは、光集積回路に適用することもできる。

000711] また、上記実施形態では、GaAs 基板は n 型導電性のもを用いているが、p 型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

【0072】さらに、活性層は多重量子井戸構造であってもよいが、活性層の引張り歪量と活性層の合計の厚み（合計層厚）との積は、 0.1 nm 以内とする。また、引張り歪バリヤ層は、 3 eV の $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{P}$ 引張り歪バリヤ層であってもよい。

13

【0080】以上は炭ストライアノドについて述べたが、上記構造は標準に適用できる。その場合、 λ 400 nm の間に設定すればよい。また

【0081】次に、本発明の第10の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態で共に図12に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0082】有機金属気相成長法により n -GaAs基板上に、 n -In_{0.48}(Al_{1.2}Ga_{1-x})₂の0.52μクラッド層242、 n または i -In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y光導波層243、 i -In_xGa_{1-x}

[illegible]

【0083】この後、通常のソリダライナーにより、絶縁膜50の中央部に幅3 μ m程度のストライプ状部分を形成して、その両サイドの幅6 μ m程度のストライプ状の材料の連続線230を除去する。そして、この残されたストライプの総線長230を π mmとしてラウエエッチングにより、たとえば $\ln(x) \ln(y) - x \ln(y) - y \ln(x)$ 、光導波路240の両面までエッチング層を除去してリソグラフィで形成する。

0084] のとき、エッチング液として硫酸と過酸水素水系のものを用い、p-GaAs サンプルを249をエッチングし、また塩酸系のエッチング液を用い、p-In_{0.48}Al_{0.52}Ga_{1-x}を、0.52p ランド層248を除去すれば、エッチングまたはIn_{0.48}Ga_{1-x}As_{1-y}P_y 光導電層247の面での自動的に停止する。

0085]その後、選択成長により、クラッド層248より屈折率の小さい、厚みが1 μ m程度の、基板241に子整合するn-In_{0.48}(Al_{1/2}Ga_{1/2}-z) 0.52P電流阻止層2を形成する(図面(b))。

層230の組成と、 p または $-In_xGa_{1-x}P_{1-x}$ 、 $0.52p$ 電圧阻層221の厚みは、共振器の中央部のリブ構造の傾斜度や波長において、単一基板系 P による屈折率導波出力領域まで導波するような組成、厚みとする。

00871 次に共振器230を除去して、 p -GaAs ソフト層252を形成し、さらに Op -GaAs ソフト層252を p 側電極253を形成し、その後、基板241の研削を

なつてから n 間電圧5%を形成する(同図(c))。

14
 【0089】上記構造によりこの場合も、単一縦モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。
 【0090】以上は狭くトライアングの単一縦モードレーザ

について述べたが、上記構造は幅広いアラールセキードにも適用できる。その場合、光導波槽の厚みは50~400 nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリア層は、3元の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ から形成してもよい。

100911 次に、本発明の第11の実施形態に係る半導体シーザの断面形状を、その製工程途中の状態と共に図13に示す。以下、この半導体シーザの層構成を製作方法と併せて説明する。

【0092】有機金属化合物合成法により n -GaAs 基板61
上に、 n -In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{0.52}- γ)₂ の 52% ラット層262、 n 主
成分は $-In_{0.48}Al_{0.52}Ga_{0.52}(\gamma)^{1/2}$ 光導電層263、 $-In_{0.2}Ga_{0.8}$
 $-1.2\Delta\delta_1-\gamma_2P_2$ 引張り歪み層264、In_{0.3}Ga_{0.7}- $\gamma\Delta\delta_1$
 $-1-\gamma_2P_3$ 量子井活性層265、 $-In_{0.2}Ga_{0.8}-2\Delta\delta_1-\gamma_2P_2$
引張り歪み層266、 p または $-In_{0.48}Al_{0.52}Ga_{0.52}(\gamma)^{1/2}$

クラフト温度268、 $p\text{-HingOal}$ - $p\text{-qdsIga}$ - γ エッチング阻
止層（厚み0.10μm程度）269、 $p\text{-HingOal}$ - γ
0.520上部第2クラフト温度270、 $p\text{-Galsコンタク}$ -層271
を順次積層し、さらにこの $p\text{-Galsコンタク}$ ト層271の上
に530程度の熱抵抗率272を形成する（図13(a)）。な
お、エッチング阻止層273は、 $p\text{-qdsIga}$ - γ エッチング阻止層269は、基
板上に格子型とし、かつ電子・イオン活性特性525よりむべ
びポリマが大きい組成とする。

[0093] この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜722の中央部に幅 $3\mu m$ 程度のストライプ状部分を設け、この両サイドの幅 $6\mu m$ 程度のストライプ状の絶縁膜722を除去する。そして、この覆されたストライプ状の絶縁膜722をマスクとして、下ケエッチエッチングにより、P-InGaAs_{0.51-0.49}GaN_{0.49} エピタキシャル層2690の形成面までエッチャシヤル層を除去してリッジストライン

0094] のとき、エッチング液として硫酸と過酸水素水素系のものを用い、 p-GaAs コンタクト層21をエッチングし、硫酸系のエッチング液を用いて p-InAs 48 ($\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x$ - As_2) の SiP 上部第2コンタクト層27を除去すれば、エッチングカパシタ $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_2$ - p-InAs - p-InAs エッチング層26aの上面で自動的に停止する。

0095] なお、 p または $i-1n_1[Ca_1-x]As_{1-y}P_y$ 光放層261および $p-1n_0.48$ ($Al_{1.5}Ga_{1-x}As_{1-y}P_y$) の導放層268の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の導放層において、単一基本モードによる屈折率導波高出力領域まで達成できるような厚みとする。

0096] 次に絶縁膜272を除去してから絶縁膜273を成し(図面(b))、その後通常のリソグラフィによりリソグラフィ上の絶縁膜273を除去して、その下側電極274を形成し、その後、基板261の研削を行

(9)

15

なつてからn側電極75を形成する(図面(c))。
【0097】次に、試料を劈開して形成した縦断面の一面、他面、それぞれ高反射率コート、低反射率コーティングを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0098】上記構造によりこの場合も、単一横モード光を発生させることができる。

【0099】以上は狭ストライプの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は縦広ストライプマルチモードにも適用できる。その場合、光導波路と上部クラッド層の合計の厚みは100~400nmの間に設定すればよい。また、引張り歪バリ層は、3元のIn_{0.2}Ga_{0.8}xPから形成してもよい。また、この実施の形態では、GaAs基板はn型の導電性のものを用いているが、p型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

【0100】さらに、以上説明した実施の形態では特に量子井戸が単一で、光導波路組成が一定のSQW-SCHと呼ばれる構造を示したが、SQWの代わりに量子井戸を複数とするMQWとしてもよい。

【0101】また、前記In_{0.3}Ga_{0.7}xAs_{1-y}P_y3活性層の組成比等を制御することにより、発光波長は、750nm<λ<850nmの範囲で制御が可能である。

【0102】また、半導体層の成長法としては上述の有機金属気相成長法(他、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法を用いてもよい)。

【0103】なお、本発明の半導体レーザは高速な情報・画像伝送および通信、計測、医療、印刷等の分野での光源としても応用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態による半導体レーザを示す断面図

【図2】上記第1実施形態による半導体レーザと比較例との最高光出力を示すグラフ

【図3】上記第1実施形態による半導体レーザと比較例との閾値電流の温度依存性を示すグラフ

【図4】本発明の第2実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図5】本発明の第3実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図6】本発明の第4実施形態による半導体レーザを示す断面図

【図7】本発明の第5実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図8】本発明の第6実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

【図9】本発明の第7実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

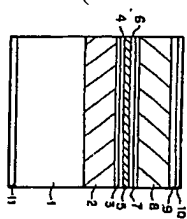
【図10】本発明の第8実施形態による半導体レーザ、

(10)

17

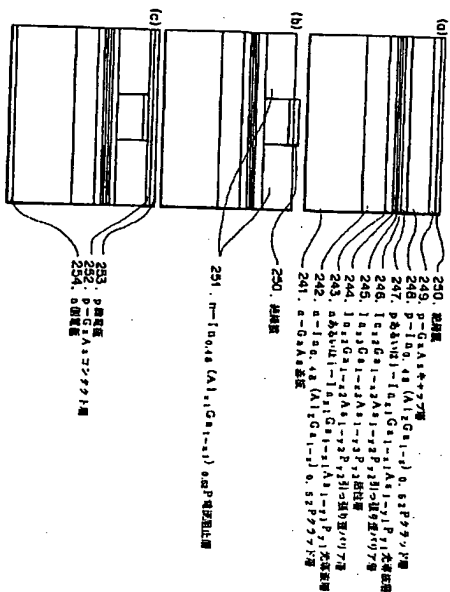
106 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
107 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
108 p-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
109 p-GaAs コンタクト層
110 p側電極
111 n側電極
112 n-GaAs 基板
113 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
114 n またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
115 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
116 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
117 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
118 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
119 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
120 p-GaAs コンタクト層
121 p側電極
122 n側電極
123 n-GaAs 基板
124 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
125 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
126 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
127 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
128 p-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
129 p-GaAs コンタクト層
130 p側電極
131 n側電極
132 n-GaAs 基板
133 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
134 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
135 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
136 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
137 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
138 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
139 p-GaAs コンタクト層
140 p側電極
141 n側電極
142 n-GaAs 基板
143 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
144 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
145 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
146 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
147 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
148 p-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
149 p-GaAs コンタクト層
150 p側電極
151 n側電極
152 n-GaAs 基板
153 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
154 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
155 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
156 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
157 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
158 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
159 p-GaAs コンタクト層
160 p側電極
161 n側電極
162 n-GaAs 基板
163 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
164 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
165 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
166 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
167 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
168 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
169 p-GaAs コンタクト層
170 p側電極
171 n側電極
172 n-GaAs 基板
173 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
174 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
175 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
176 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
177 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
178 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
179 p-GaAs コンタクト層
180 p側電極
181 n側電極
182 n-GaAs 基板
183 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
184 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
185 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
186 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
187 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
188 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
189 p-GaAs コンタクト層
190 p側電極
191 n側電極
192 n-GaAs 基板
193 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
194 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
195 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
196 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
197 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
198 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
199 p-GaAs コンタクト層
200 p側電極
201 n側電極
202 n-GaAs 基板
203 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
204 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
205 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
206 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
207 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
208 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
209 p-GaAs コンタクト層
210 p側電極
211 n側電極
212 n-GaAs 基板
213 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
214 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
215 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
216 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
217 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
218 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
219 p-GaAs コンタクト層
220 p側電極
221 n側電極
222 n-GaAs 基板
223 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
224 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
225 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
226 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
227 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
228 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
229 p-GaAs コンタクト層
230 p側電極
231 n側電極
232 n-GaAs 基板
233 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
234 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
235 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
236 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
237 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
238 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
239 p-GaAs コンタクト層
240 p側電極
241 n側電極
242 n-GaAs 基板
243 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
244 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
245 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
246 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
247 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
248 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
249 p-GaAs コンタクト層
250 p側電極
251 n側電極
252 n-GaAs 基板
253 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
254 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
255 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
256 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
257 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
258 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
259 p-GaAs コンタクト層
260 p側電極
261 n側電極
262 n-GaAs 基板
263 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
264 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
265 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
266 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
267 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
268 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
269 p-GaAs コンタクト層
270 p側電極
271 n側電極
272 n-GaAs 基板
273 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
274 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
275 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
276 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
277 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
278 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
279 p-GaAs コンタクト層
280 p側電極
281 n側電極
282 n-GaAs 基板
283 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
284 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
285 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
286 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
287 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
288 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
289 p-GaAs コンタクト層
290 p側電極
291 n側電極
292 n-GaAs 基板
293 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
294 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
295 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
296 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
297 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
298 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
299 p-GaAs コンタクト層
300 p側電極
301 n側電極
302 n-GaAs 基板
303 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
304 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
305 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
306 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
307 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
308 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
309 p-GaAs コンタクト層
310 p側電極
311 n側電極
312 n-GaAs 基板
313 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
314 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
315 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
316 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
317 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
318 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
319 p-GaAs コンタクト層
320 p側電極
321 n側電極
322 n-GaAs 基板
323 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
324 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
325 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
326 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
327 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
328 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
329 p-GaAs コンタクト層
330 p側電極
331 n側電極
332 n-GaAs 基板
333 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
334 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
335 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
336 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
337 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
338 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
339 p-GaAs コンタクト層
340 p側電極
341 n側電極
342 n-GaAs 基板
343 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
344 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
345 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
346 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
347 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
348 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
349 p-GaAs コンタクト層
350 p側電極
351 n側電極
352 n-GaAs 基板
353 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
354 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
355 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
356 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
357 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
358 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
359 p-GaAs コンタクト層
360 p側電極
361 n側電極
362 n-GaAs 基板
363 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
364 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
365 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
366 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
367 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
368 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
369 p-GaAs コンタクト層
370 p側電極
371 n側電極
372 n-GaAs 基板
373 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
374 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
375 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
376 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
377 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
378 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
379 p-GaAs コンタクト層
380 p側電極
381 n側電極
382 n-GaAs 基板
383 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
384 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
385 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
386 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
387 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
388 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
389 p-GaAs コンタクト層
390 p側電極
391 n側電極
392 n-GaAs 基板
393 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
394 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
395 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
396 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
397 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
398 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
399 p-GaAs コンタクト層
400 p側電極
401 n側電極
402 n-GaAs 基板
403 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
404 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
405 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
406 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
407 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
408 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
409 p-GaAs コンタクト層
410 p側電極
411 n側電極
412 n-GaAs 基板
413 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
414 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
415 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
416 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
417 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
418 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
419 p-GaAs コンタクト層
420 p側電極
421 n側電極
422 n-GaAs 基板
423 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
424 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
425 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
426 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
427 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
428 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
429 p-GaAs コンタクト層
430 p側電極
431 n側電極
432 n-GaAs 基板
433 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
434 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
435 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
436 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
437 p またはi-In_{0.1}Ga_{0.9}xAs_{1-y}P_y1 光導波路
438 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
439 p-GaAs コンタクト層
440 p側電極
441 n側電極
442 n-GaAs 基板
443 n-In_{0.4}Ga_{0.6}0.52P クラッド層
444 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
445 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層
446 i-In_{0.2}Ga_{0.8}xAs

【図1】

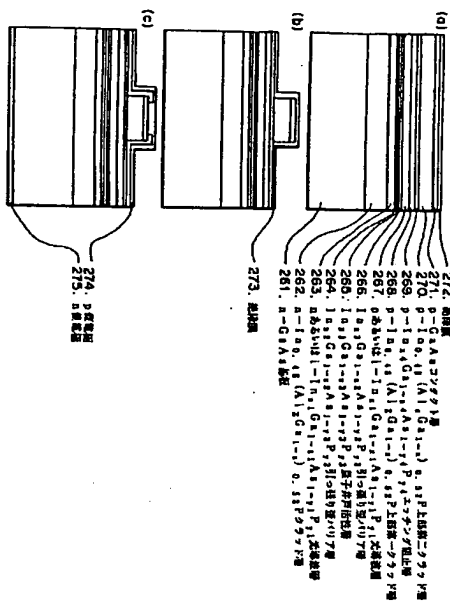


(11)

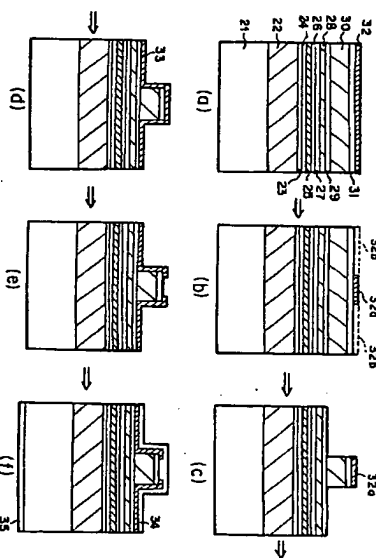
【図2】



【図3】

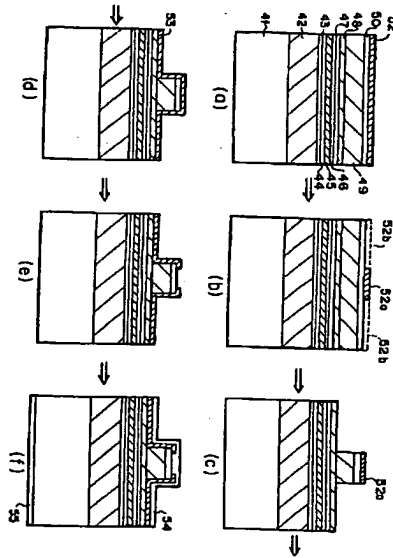


【図4】



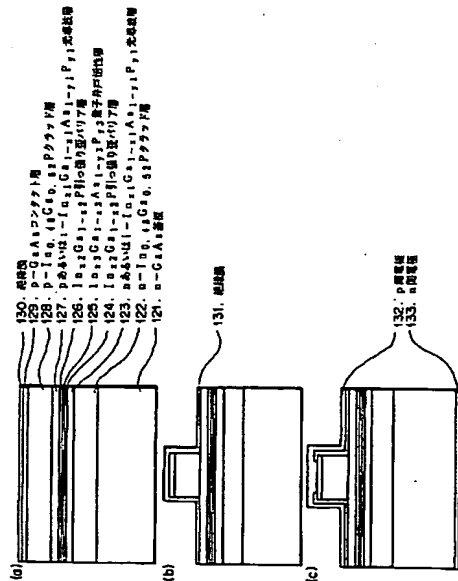
(12)

【図5】



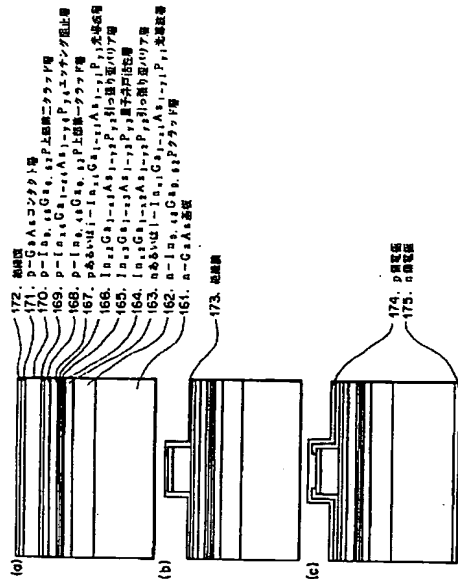
(13)

【図7】

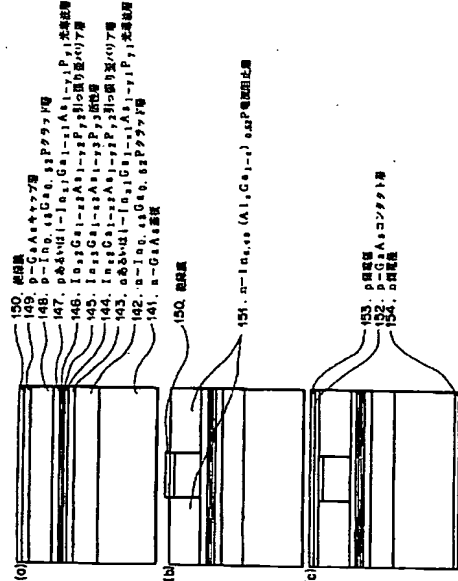


(14)

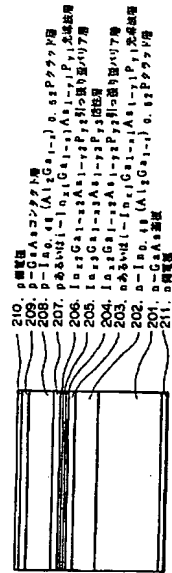
【図9】



【図8】

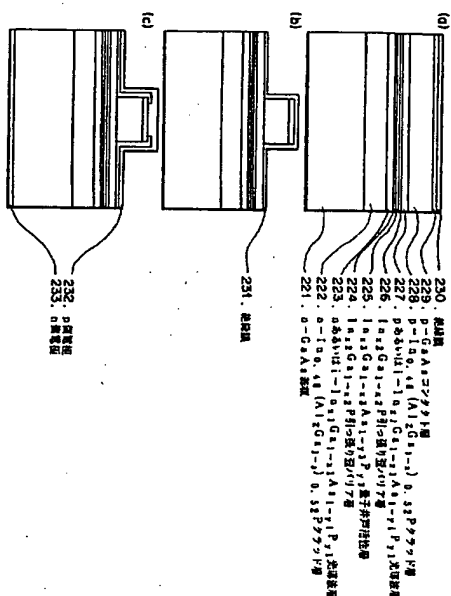


【図10】



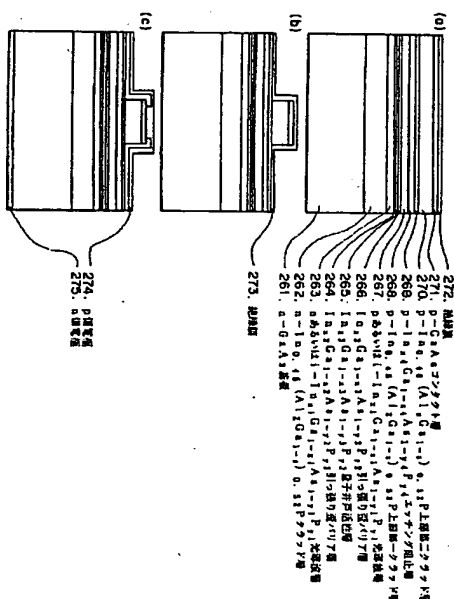
(15)

【図11】

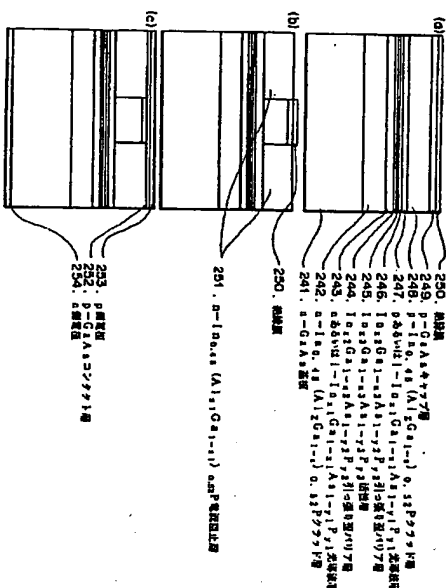


(16)

【図13】



【図12】



【手続補正書】

【提出日】平成10年11月16日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】 GaAs基板に、pおよびn型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In₂Pb₂量子井戸活性層、In₂Pb₂量子井戸活性層、In₂Pb₂量子井戸活性層、第二クラッド層、第二光導波層、p型およびn型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、

前記第一および第二クラッド層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、
前記第一および第二光導波層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、
前記第一および第二クラッド層が、前記GaAs基板に対して引張り歪を有する、合計層厚10～30nmの層であって、その引張り歪の歪量×合計層厚=0.05～0.2nmを満たす組成からなり、
前記In₂Pb₂量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。